



Evaluating and characterizing regional CO₂ fluxes estimated from satellite-based CO₂ data

著者	志宏 木村
発行年	2015
その他のタイトル	衛星データを用いた全球CO ₂ 吸収排出量推定値の評価と特徴づけに関する研究
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7270号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00125868

氏 名 (本籍)	高木 宏志		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第	7270	号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Evaluating and characterizing regional CO ₂ fluxes estimated from satellite-based CO ₂ data (衛星データを用いた全球 CO ₂ 吸収排出量推定値の評価と特徴づけに関する研究)		
主 査	筑波大学 教授	農学博士	吉野 邦彦
副 査	筑波大学 教授	学術博士	大澤 義明
副 査	筑波大学 准教授	博士 (農学)	村上 暁信
副 査	筑波大学 准教授 (生命環境科学研究科)	博士 (農学)	奈佐原 顕郎
副 査	筑波大学 教授 (連携大学院) (国立環境研究所)	博士 (工学)	松永 恒雄

論 文 の 要 旨

大気中二酸化炭素 (CO₂) 濃度の上昇が大気－陸域生態系間、大気－海洋間で交換される CO₂ 量 (フラックス) に与える影響の詳細な理解は、地球温暖化を含む気候の将来予測の信頼性向上に不可欠である。特に気候と炭素循環の正のフィードバックについては気候変動のティッピングポイントと関係する可能性があるため、特に今後の研究が求められている。このような背景の下、1990 年代後半より CO₂ 濃度の地上観測データを用いた CO₂ フラックス推定研究が進められたが、先進国以外の地域におけるデータ数不足が問題となった。この問題の解決のため、世界全域に渡って CO₂ 及びメタンの濃度を観測する温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) が我が国により 2009 年に打ち上げられた。本研究は CO₂ フラックス推定における GOSAT データの有用性の定量的評価と、得られた推定値の不確実性の要因を明らかにすることを目的とする。

第 2 章では、地上観測データを用いて CO₂ フラックスを推定する従来システムに対し、GOSAT 用に新たに開発したアルゴリズムを組み込むことにより、GOSAT 用のデータ処理システムを構築した。特に地上観測データと GOSAT データを含む観測データの分散共分散行列の設定法や GOSAT による CO₂ 濃度推定の鉛直方向の感度分布を逆推定に反映させる方法を新たに考案した。

第 3 章では、前章で開発したシステムに 2009 年 6 月から 2010 年 5 月までの 1 年間の地上観測データ及び GOSAT データを入力し、全球 64 の地域別に月毎フラックスの推定を行った。その結果、GOSAT データによりフラックス推定値の不確実性は陸域全体の年平均で 10%、また GOSAT データが多い一方、地上観測の無い地域では最大 40% 程度低減されることを世界で初めて確認した。

第4章ではフラックス推定の不確実性の要因の一つである GOSAT による地表面反射スペクトル観測値から CO₂濃度を導出するアルゴリズム間の相違について、現存する5種類のアルゴリズム間の相違は特に中東－東アジアにおける GOSAT CO₂濃度データの空間分布の違いとして現われ、これがこの地域のフラックス推定値の間に大きなばらつきをもたらしている可能性があることを示した。

第5章ではさらに GOSAT CO₂濃度データの空間分布の違いの影響についてヤコビ行列及びレゾリューションカーネル (RK) を用いて詳細に分析した。日本、韓国、中国を含む領域においてアルゴリズム間でフラックス推定値の差が大きい 2010 年 4 月では、ヤコビ行列から算出されるレスポンスが高いデータの領域内分布がアルゴリズム間で大きく異なることが確認された。さらに 2010 年 4 月の本領域の RK の対角成分は他の月よりも低く、本領域のフラックスが本領域の観測データによって十分に拘束されていないことや、他の領域・月においても同様の傾向が見られることも示された。以上より、フラックス推定において影響力（拘束力）の強いデータの推定対象地域内の分布状態によってフラックス推定値が左右されることが明らかにした。

第6章では本論文の成果をまとめるとともに、CO₂フラックス推定に関して今後進めるべき検討とその見通しや本論文の結果に基づく改善等について述べている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本研究は、地域毎の炭素循環の解明における最新の衛星観測データの有用性を世界で初めて定量的に示すことに成功している（第3章）。またさらにその衛星データ固有の問題点について、詳細なデータ分析／シミュレーションにより、その影響の範囲と度合いを明らかにしている（第4章、第5章）。これらの成果は、我が国の衛星データを気候の将来変動予測に活用する際にその信頼性を担保するものであり、我が国の地球観測／気候変動研究コミュニティに対して非常に大きな貢献をするものである。また、式(2-1)で提案された、観測点の CO₂濃度が領域の CO₂フラックスの線型写像で表されるという仮定について、今後、理論的・実証的な検討を進めることで、さらなる発展が期待される。

本論文を構成する個々の研究テーマについては、国際学術誌に査読付き論文として既に3編（うち2編は筆頭著者）掲載されており、その成果は国際的にも十分に認知されたものである。

このようなことから本論文は、博士論文の水準に十分に達しているものと判断される。

【最終試験の結果】

平成 27 年 1 月 22 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。